**TEMA:** SISTEMAS EN SERIE

**OBJETIVOS:**

* Razonar la metodología de cálculo para las diferentes clases de sistemas en serie.
* Aplicar esas metodologías a casos particulares.
* Usar el software disponible.

**RESUMEN TEÓRICO**

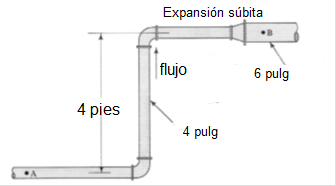
* Sistemas en serie Clase I: Se determina la potencia consumida por la bomba; la potencia entregada por la bomba al fluido; la diferencia de presiones o la diferencia de alturas. Se conocen el caudal, el diámetro, la longitud y demás características básicas de la tubería y de los accesorios.
* Sistemas en serie Clase II: Se determina el caudal (flujo volumétrico). La pregunta a resolver por el ingeniero es: “¿Cuál es la máxima velocidad que puede tener el fluido dentro del sistema para que se cumpla con el requisito de diferencia de presión entre los puntos inicial y final del mismo?”. Existen varias metodologías, que se desarrollarán con un ejercicio particular cada una.
* Sistemas en serie Clase II: Se determina el tamaño (diámetro) de la tubería. Para ello se responde a la pregunta: “¿Cuál es el mínimo diámetro de tubería que se puede seleccionar, para que se cumpla el requisito de diferencia de presión en el sistema?” Existen dos métodos fundamentales.

\*\*\* Si se trata de agua como fluido transportado, existen además de las fórmulas convencionales, los nomogramas de Hazen y Williams, que, desarrollando las ecuaciones de H-W, presentan una alternativa rápida y sencilla de solución, pero que están limitados a agua y dentro de ciertos rangos de temperatura.

**Problemas resueltos de cada clase**

**Clase I**

**Para el siguiente sistema, en el que fluye queroseno a 25°C, a razón de 500 gpm se requiere que la presión en el punto B sea de 500 psig. Si ambas tuberías son de acero cédula 80 y la longitud de la tubería de acero de 4 pulgadas es 40 pies, determine la presión en A, tomando en cuenta tanto la pérdida de energía debida a la fricción como las pérdidas secundarias.**

****

**Solución**:

**Datos**: Queroseno: G=0,823; =1,64\*10-3 Pa\*s

Tubería: =4,6\*10-5 m; D.I. (4”)=97,2 mm; D.I. (6”)=146,3 mm

Cálculo de velocidades:

Ecuación de energía:

Ecuación de pérdidas (forma general):

Según el esquema, es claro que la pérdida primaria en la tubería de 6 pulgadas es despreciable porque la longitud de esa sección es mínima compara con la de 4 pulgadas. Por otra parte, la expansión se calcula con base en la velocidad de la sección más delgada, o sea la de 4 pulgadas. Veamos los resultados:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Accesorio y/o tubería |  |  | *K* |
| Codo radio largo | 0,017 | 20 | 0,34 |
| Expansión |  |  | 0,312 |
| **Tubería 4”**  : 4,73\*10-4  Re: 679963 | (*f*)  0,0301 | (L/D)  125,43 | 3,77 |

Reemplazando en la ecuación de pérdidas:

Y ahora, se sustituye ese valor en la ecuación de energía:

De donde,

1417,94 Así:

**Respuesta**: La presión en A debe ser 505,7 psig.

**Clase II**

Método IIA

**En un tubo de acero estirado con diámetro exterior 2 pulgadas y espesor de pared 0,083 pulgadas, circula un cierto aceite hidráulico de densidad relativa 0,9 viscosidad dinámica 3 cP. Entre dos puntos a 30 m uno del otro, horizontalmente, hay una caída de presión de 68 kPa. Calcule la velocidad de flujo del aceite.**

**Solución**:

**Cálculo**: D.I.=2\*0,0254–(2\*0,083\*0,0254)m=0,04658 m

Mediante la hoja de cálculo II-A &II-B SI, del Dropbox, tomada del CD del Libro Mecánica de Fluidos del Mott, donde en cada casilla en gris oscuro se llena con los datos del problema, se calcula usando la ecuación: (Es un poco distinta de la vista en clase porque se basa en el Mott, donde definen  de rugosidad como D/ y no /D)

Resultado:



**Respuesta: El caudal, o velocidad de flujo volumétrico, en este caso, será aproximadamente 0,0053 m3/s.**

**Clase II**

Método IIB

**A través una tubería de hierro dúctil recubierta, con diámetro interno de 3 pulgadas, circula aguarrás a 77°F del punto A al B. El punto B está 20 pies por encima del punto A. La longitud total de tubería es de 60 pies. Hay dos codos de radio largo de 90° entre A y B. La presión en A es de 120 psig y en B es 105 psis. Determine el caudal del aguarrás.**

**Solución:**

**Datos:** Densidad: 54,2 lbf/pie3; Visc. Cinem: 1,7\*10-5 pie2/s

Rugosidad de la tubería**:** 4\*10-4 pie

Primero se reemplazan los datos (incluyendo la diferencia de alturas y de presiones) en el módulo del método IIA:



**Ahora, ese valor de 0,7462 ft3/s se sustituye en el Módulo del método IIB, junto con los codos de radio largo**



**Como se ve, p2 (103 psig) no dio mayor a la esperada (105 psig). Entonces se debe repetir con un Q menor.**



**Ahora sí la presión 2 real dio mayor a la esperada.**

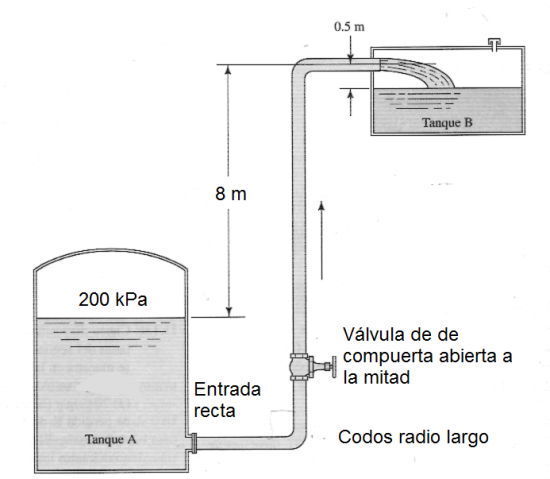
**Respuesta:**

El caudal de aguarrás debe ser no mayor a 0,68 ft3/s, para este sistema.

**Clase II**

Método IIC

**Para el siguiente sistema donde fluye agua a 20°C, del tanque A al B, por 12 m de una tubería de acero de 4 pulgadas, cédula 40, determine el caudal.**

****

**Solución:**

En este caso se va a emplear la hoja de cálculo elaborada por Juan Andrés Sandoval Herrera. Es más complicada de manejar, pero al mismo tiempo es más versátil.

Se introducen los datos en los cuadros en Blanco. Las alturas de A y de B. En este caso ZA = 0 y ZB = 8 m. Se simplifica si se pone B justo en la salida de la tubería, no en la superficie del tanque. La *uA* es 0, la *uB* no es cero. La pA es 200000 Pa (no se puede poner en kPa). La pB es 0. La densidad del agua es 1000 kg/m3, y su viscosidad es 1,02\*10-3 Pa\*s. El D nominal es 4 pulgadas. La hoja calcula el diámetro interno para acero cédula 40. La longitud es 12 m. La hoja calcula: L/D, *fT* y . En La parte de pérdidas menores, introduzca el número de accesorios que haya de cada cosa. Si no hay de algo, no introduzca cero, deje en blanco. La hoja calcula el resto de datos internos y realiza las iteraciones del *f*, aunque si debe usted poner el *f* inicial. Se recomienda 0,02, pero podría ser el mismo *fT*. En el siguiente link está la hoja desarrollada:

<https://www.dropbox.com/s/f4plaolh787lg9x/Clase%20II%20y%20III%20Ejercicios%20Guia%209.xlsx?dl=0>

Y en la página siguiente se muestra un resumen de los resultados obtenidos:



**Respuesta**: El caudal para este sistema es 0,0486 m3/s.

\*\*\*Ecuaciones que se manejan en esta hoja de cálculo, en particular. Ecuación de energía entre A y B:

Entonces: (A)

Ahora, las pérdidas: = (B)

Igualando A y B:

Despejando la velocidad: (C)

Y ahí es donde se reemplaza el *f*, y se comienza a iterar.

**Clase III**

Método IIIA

**Se va a transportar 0,06 m3/s de agua a 80°C por medio de un tubo horizontal que mide 30 m y es de cobre tipo K, desde un calentador donde la presión es 150 kPa hacia un tanque abierto a la atmósfera. Determine el diámetro de ese tubo.**

**Solución:**

Usando el módulo del Mott, para método IIIA, con los datos del agua a 80°C (buscar en Tablas) y de la rugosidad del cobre, se obtiene:



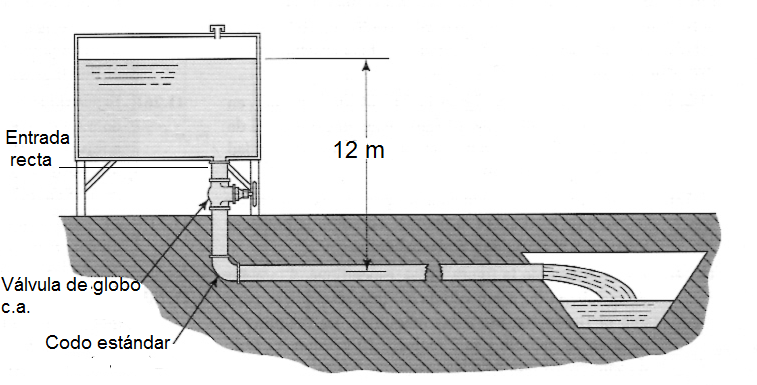
Este módulo resuelve la ecuación:

**Respuesta:** El diámetro interno, correspondiente a este tamaño de tubería obtenido mediante el método IIIA es 0,09797 m, que corresponde a un D. Nominal de 4 pulgadas.

**Clase III**

Método IIIB

**Se va a vaciar el tanque hacia un drenaje, como se muestra en la figura. Determine el tamaño de tubería de acero de cédula 40, para conducir al menos 400 gpm de agua a 80°F, si la longitud total de tubería es 75 pies.**

****

**Solución:**

Partiendo del módulo IIIA:



Con el dato anterior se va a la tabla de acero cédula 40 y se busca le diámetro interior más cercano, para ponerlo tal como lo dice la tabla en la celda “specified pipe diameter” del Método IIIB y se colocan los K de cada accesorio, que previamente deben calcularse aparte.



También se debe introducir el valor del *fT*, que uno lo debe buscar en la Tabla 10.5 porque es acero cédula 40. Si fuera otro material tocaría calcularlo, teniendo en cuenta que si no da la presión 2, mayor a la esperada, tocaría volver a calcular el *fT*. En este caso dio la p2 mayor a 0 psig, como se esperaba.

**Respuesta:** El tamaño de tubería ideal para este caso sería 5 pulgadas de diámetro nominal de acero cédula 40.

**Bibliografía**

Mott, Mecánica de los Fluidos, capítulo 11.

White, Fluid Mechanics, capítulo 6.